

II-174 弾力的処理能力を考慮した施設設計について

京都大学工学部 正会員 末石 富太郎

同上

○住友 恒

1. はじめに

筆者らはこれまで浄水施設を中心に各単位操作に潜在する処理能力の弾力性を分析してきた。^{1), 2), 3)} 発性的には改めて分析するまでもなく、短時間にわたる流入水質の変動がもたらす処理水質への応答は、その変動が極端でない限り圧縮され処理水質に特に大きな影響を及ぼさないことが多いと知られている。この種の弾力的な処理能力を平均処理能力にプラスする安全側の余裕能力とみなせば、施設設計時にこの能力を特に定量化する必要はない。しかし、原水水質の変動が多い今日、より積層的に水量、水質変動を設計に考慮すると同時に各施設の弾力的な能力を定量的に設計に組込んでゆく必要性が高まっている。変動の厳密な取り扱いは一一般に各処理機構にたがえ、その原水からその機能を再検討する必要があるが、ここでは分析した弾力的能力を総括的に施設能力として合成してゆく一手段について検討を加えておく。本文の目的は上水、下水を問わず、この方面の研究の必要性を提起することにある。

2. 処理弾力性係数

変動に対する流入応答が図-1のような処理系で、動的な応答を総括的に平均化して静的に定量化する。流入負荷量 L_i , 流出負荷量 L_o が $(L_i + \Delta L_i)$ および $(L_o + \Delta L_o)$ に変化するとき、 Δ 量は変化量としつぎの関係を定義しよう。

$$\Delta L_o = k \cdot \Delta L_i \cdot (1-R) \quad \text{----- (1)}$$

R は平均除去率で、 $k=1$ とは変動前の平均除去率が ΔL_i に対しても同様に発揮されることを表す。 k の値は各種処理条件によって異なるが、ひとまず処理弾力性係数と呼ぶことにし、 k が0から1の間の数値のときこの処理系で弾力的処理能力を期待しうる。したが、この変化に伴う除去量の増加量 ΔU はつぎのようになり、弾力的除去率 m を定義しうる。

$$\begin{aligned} \Delta U &= (L_i + \Delta L_i) \cdot (R + \Delta R) - L_i \cdot R = (1 - (1-R)k) \cdot \Delta L_i \\ \therefore \frac{\Delta U}{\Delta L_i} &= m = (1 - (1-R)k) \end{aligned} \quad \text{----- (2)}$$

3. 弾力的処理能力の伝播

上述能力を有する単位施設が基本的には直列あるいは並列配列された一般施設を合成する。合成する単位施設を1, 2とサフィックス表示すれば、流入 ΔL_i に対し合成施設が持つ能力を発揮する。

直列合成のとき、
$$\Delta L_o = k_1 \cdot k_2 \cdot (1-R_1)(1-R_2) \Delta L_i = (1-m_1)(1-m_2) \Delta L_i \quad \text{----- (3)}$$

一方、並列の場合はいかに負荷量を配分するかによってその能力は変るが、一般に並列施設は負荷分担を目的とすると3から、両ルートに除去負荷量を等しくするよう配分すればつぎのようになる。

$$\Delta L_o = 1 - \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} \Delta L_i \quad \text{----- (4)}$$

4. 弾力的施設合成の考察

弾力的な処理能力を有する単位操作を図-2に示すような一般フローネットを合成するとき、各合流節点を図-3のゴとく表示すれば基本的には一般管網設計法と同様に施設を合成しうる。負荷配分量を未知数として、処理後流出負荷量を x' として、図-4に表わす一般節点 j における負荷収支式はつぎのように表わされる。

$$\sum_{p_j=1}^{p_j=p_j} x'_{j-p_j} - \sum_{p_j=1}^{p_j=p_j} x_{j+p_j} = \Delta L_{oj} - \Delta L_{ij} \quad \text{----- (5)}$$

閉ル- n での負荷収支条件より、各 x は時計廻り流れを正として次式をえる。

$$\sum_{np=1}^{np=np} m_{np} \cdot x_{np} = 0 \quad \text{----- (6)}$$

未知数、節点数および閉ル- n 数に関する条件は一般管網計算法と同様である。また処理弾力性係数が配分負荷量によって変化するとも考えられる。図-6の場合、(6)式はつぎのように2次式となる。

$$\sum_{np=1}^{np=np} \{1 - (1 - R_{np}) k_{onp} \cdot x_{np}\} \cdot x_{np} = 0 \quad \text{----- (6')}$$

この場合も近似的に一次式に変換し、一次化連立方程式を解けばよい。⁴⁾

5. 計算例

流入負荷増 $\Delta L_i = 100$ に対し、一例として表に示すような弾力的処理能力を有する単位施設が図-7のようなシステムを有する場合、増加負荷量はこのように弾力的に処理される。

節点条件、閉ル- n 負荷収支条件よりつぎの諸式をえる。

p	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_p	0.2	0.2	0	0.5	0.5	0.5	0	0.9	0.9
k_p	0.4	0.3	-	0.2	0.15	0.1	-	0.01	1.25

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 &= 100 \quad (= \Delta L_i) & -0.68x_1 + 0.96x_2 &= 0 \\ 0.32x_1 + x_3 &= x_4 + x_5 & -0.925x_3 + 0.95x_4 &= 0 \\ 0.24x_2 + x_3 + x_6 & & -0.9x_4 + 0.925x_5 &= 0 \\ 0.1x_4 + x_7 &= x_8 & -0.999x_8 + 0.875x_9 &= 0 \\ 0.0075x_5 + 0.05x_6 &= x_7 + x_9 & & \\ 0.01x_8 + 0.125x_9 &= \Delta L_o & & \end{aligned}$$

解として、各配分負荷量はそれぞれ、 $x_1 = 52.8$, $x_2 = 47.2$, $x_3 = 2.1$, $x_4 = 9.6$, $x_5 = 9.3$, $x_6 = 9.1$, $x_7 = 0$, $x_8 = 1.0$, $x_9 = 1.1$ となり ΔL_o は約0.14となり、 ΔL_i に対し、約99.86%の除去が期待できる。

6. おわりに、

以上、標題に対し一つの考えをおよび今後の設計の方向を示した。

多くの問題を今後に残すが左値の梗概により、さらに議論が具体化することを期待する。

(参考文献) 1) 末石, 佐友; 土木学会55回弾性工学研究討論会論文集, 1969, 2) 佐友, 末石; 同左, 第6回, 1970

3) 末石, 佐友; (同上第7回予集), 4) 合田, 佐倉; 土木学会論文集, 第138号, 1967.

